

Aus der I. Medizinischen Klinik der
Freien Universität Berlin

im Städtischen Krankenhaus Westend

Direktor: Professor Dr.med., Dr.sc.h.c., Dr.med.vet.h.c.,
Dr.med.h.c. Hans Freiherr v. K r e s

Bestimmung von Kreislaufzeiten

(Arm - Ohr und Lunge - Ohr)

mit der Farbstoffverdünnungsmethode in
Ruhe und unter dosierter körperlicher Arbeit
bei 50 kreislaufgesunden Patienten.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität
Berlin

vorgelegt von

T ö l l n e r, Dirck
aus Osnabrück

1967

Aus der I. Medizinischen Klinik der
Freien Universität Berlin

im Städtischen Krankenhaus Westend

Direktor: Professor Dr.med., Dr.sc.h.c., Dr.med.vet.h.c.,
Dr.med.h.c. Hans Freiherr v. K r e s

Bestimmung von Kreislaufzeiten

(Arm - Ohr und Lunge - Ohr)

mit der Farbstoffverdünnungsmethode in
Ruhe und unter dosierter körperlicher Arbeit
bei 50 kreislaufgesunden Patienten.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität
Berlin

vorgelegt von

T ö l l n e r, Dirck

aus Osnabrück

Dekan: Professor Dr.med. Alfred N. W i t t
Referent: Professor Dr.med. Günter N e u h a u s
Korreferent: Professor Dr.med. Max S c h w a b



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 10. August 1967

I.

Eine Bewertung pathologisch veränderter Kreislaufzeiten erfordert die Kenntnis vergleichbarer Normalwerte. In der Literatur finden sich zahlreiche Veröffentlichungen über Normalwerte von Kreislaufzeiten (9, 13, 14, 15, 16), allerdings nur unter Ruhebedingungen. Es war die Absicht, durch die vorliegenden Untersuchungen bestimmte Kreislaufzeiten bei Gesunden unter einer dosierten körperlichen Arbeit zu messen und Beziehungen herzustellen zwischen der Leistungsstärke und der Kreislaufzeit. Diese steht ihrerseits in Relation zum Herzzeitvolumen (HZV) und zum zirkulierenden Blutvolumen.

In der Herz-Kreislaufdiagnostik wird die Indikatorverdünnungsmethode häufig verwendet. Als erster injizierte STEWART isotonische Kochsalzlösung und bestimmte die hierdurch veränderte elektrische Leitfähigkeit des Blutes. HAMILTON infundierte Farbstoff in eine Vene und konnte die Verdünnungskurve konstruieren, indem er alle zwei Sekunden aus einer Arterie Blut entnahm und den Farbstoffgehalt maß. Heute haben sich die photoelektrischen Methoden durchgesetzt, bei denen die Farbstoffkonzentrationen mit Hilfe einer Photozelle unblutig am Ohr oder blutig mit Hilfe einer Durchflußküvette gemessen und registriert werden. Neben Farbstoffen können Radioisotope, kalte isotone NaCl-Lösungen und andere Indikatoren verwendet werden.

MATTHES und SCHLEICHER (28) haben als erste den Farbstoff Methylenblau benutzt und den Konzentrationsablauf mit Hilfe einer Photozelle am Ohr und an den Fingerspitzen registriert. Neben den Blaufarbstoffen Methylenblau, Evensblue und Coomassieblau werden auch Grünfarbstoffe verwendet.

II. Methodik

Die herz- und kreislaufgesunden Personen setzten sich aus ambulanten Patienten der Kardiologischen Abteilung der 1. Med. Klinik der Freien Universität Berlin und Freiwilligen, meist Studenten, zusammen. Die untersuchten 19 weiblichen Personen hatten ein Durchschnittsalter von 24 (12 - 44 J.) Jahren, während die 31 Männer ein mittleres Alter von 23 (13 - 40 J.) Jahren aufwiesen.

Zur Erfassung der Kreislaufzeiten wurde ein kommerzielles Oxymeter *1) verwendet. Die Ohreinheit wurde durch ein Stirnband gehalten und durchleuchtete das Gebiet der fossa triangularis. Der Farbstoffdurchgang wurde auf einem Breitbandkanal eines direktschreibenden Elektrokardiographen *2) registriert. Zur Hyperämisierung wurde das Ohr mit einer hyperämisierenden Salbe (Finalgon^R) eingegeben. Die Herzfrequenz wurde aus dem EKG ermittelt, die Lungen-Ohr-Zeit (LOZ) wurde durch den Apnoe-Versuch bestimmt, indem die Patienten aufgefordert wurden, nach maximaler Expiration (cave VALSALVA!) den Atem so lange anzuhalten, bis ein deutlicher Abfall der oxymetrisch übertragenen Kurve eingetreten war. Der Beginn ihrer Inspiration wurde mit einer Eichzacke auf die Kurve gegeben. Als LOZ wurde das Zeitintervall vom Beginn des ersten Atemzuges nach Apnoe bis zum Wendepunkt im absteigenden Schenkel der Oxymeterkurve gemessen (Abb. 1 b) (nach HEGGLIN und RUTISHAUSER).

*1) Universal-Oxymeter E M 54 der Atlas Werke Bremen mit Zusatzgerät Z.G. 115 und Ohreinheit (Transmissionsmethode).

*2) Hellige Multiscriptor Typ 940 O/6 mit 2-Weitwinkelschreibwerken mit einem Papiertransport von 5 mm/sec.

Die Ergometrie wurde mit Hilfe eines Fahrradergometers^{*)} durchgeführt. Das Gerät beruht auf dem elektrodynamischen Prinzip mit Wirbelstrombremse. Es ermöglicht die Einhaltung einer konstanten physikalischen Leistung bei unterschiedlichen Drehzahlen.

Über eine möglichst dicke Flügelkanüle wurde der Farbstoff in eine medial gelegene Ellenbeugevene appliziert und mittels eines Drei-Wege-Hahnes 8-10 ml isotonische NaCl-Lösung nachgespritzt. Die Injektion erfolgte schlagartig und wurde elektrisch markiert.

Die NaCl-Lösung wurde aus folgenden Gründen nachgespritzt: 1) Der Farbstoff wird vollständig in die Vene gebracht und 2) wird dem Farbstoffembolus eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit gegeben, wodurch ein möglicherweise verzögerter Abtransport verhindert wird, was auch durch Hyperämisierung des Armes (BENDER) (5) oder Hochhalten des Armes (WULSER) (33) erreicht werden kann. Auch fließt der Farbstoff ziemlich zusammenhängend ein und verbessert damit die Kurvenqualität. Trotz bestmöglicher Applikationstechnik können Störfaktoren (venöse Spasmen) und respiratorischer Wechsel des intrathoracalen Druckes (23) die Arm-Ohr-Zeit (AOZ) beeinflussen (15).

Farbstoff: Es wurde Methylenblau gewählt, da er schon in vitro bei der Mischung mit Blut eine Absorptionsabnahme um 50 % in zwei Minuten zeigt; außerdem wird in vivo ein Teil in die Leuco-Form übergeführt, während ein anderer ins Gewebe austritt (9). So treten selten Rezirkulationswellen auf. "Für die Bestimmung der Kreislaufzeiten und

*) Fahrradergometer Lanooy der Firma Loo de, Groningen, Holland.

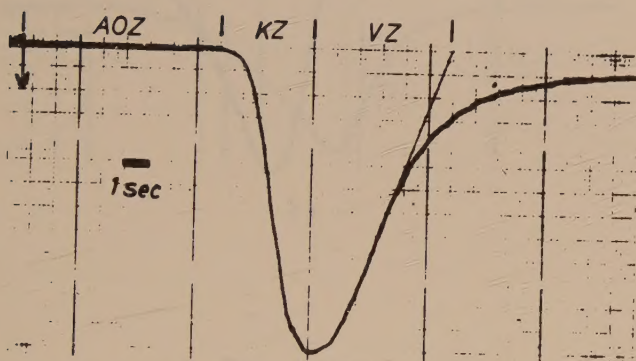
die routinemäßige Beobachtung der Kurvenform ist Methylenblau jedoch durchaus geeignet" (23), insbesondere weil eine häufig wiederholte Applikation möglich ist. Die Injektionsmenge des Farbstoffes soll einerseits möglichst klein sein (2 % Methylenblaulösung, schnelle Injektion), andererseits groß genug, um eine optimale Kurvenhöhe im Linearbereich des Registriergerätes zu ergeben.

Nach der Messung der Ruheherzfrequenz, der AOZ und der LOZ wurde von den Probanden sechs Minuten und 15 sec lang eine Leistung von 100 Watt (600 mkg/min) vollbracht. Entsprechend der dosierten Belastung wurden die Patienten angehalten, eine Umdrehungszahl von 40-50/min einzuhalten, da nach MELLEROWICZ und Mitarbeiter (31) in diesem Drehzahlbereich ein ökonomischer Wirkungsbereich der Muskulatur erreicht ist. In diesen sechs Minuten dosierter Arbeit wurden jeweils von der 50. bis zur 55. sec einer jeden Minute das EKG registriert und genau nach der 2., 4., und 6. Minute eine AOZ- und nach der 5. Minute eine LOZ-Messung vorgenommen (Abb. 1 c - f). Da nach der 6. Minute der Farbstoff in die Vene gespritzt wurde, mußte der Proband bis zum Auslaufen der Farbstoffkurve weiterhin, 15 sec 100 Watt leisten.

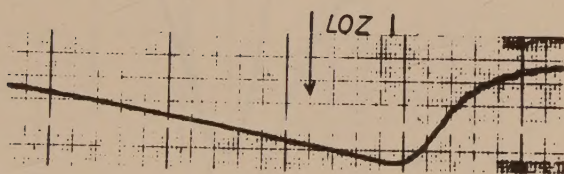
Die tabellarische Aufstellung aller Einzelwerte findet sich auf den Seiten 28 - 33.

Die Berechnung der Mittelwerte und deren mittleren quadratischen Abweichungen $\pm s$, sowie die Prüfung der Signifikanz der Differenz zweier Mittelwerte erfolgte ebenso wie die Berechnung der Regressionskoeffizienten- und -geraden der Tangenten der Toleranzellipse- in der üblichen Weise.

Abb. 1 a - f: Farbstoff- u. Apnoekurven bei einem
24 jhr. männlichen Patienten (M.A.)

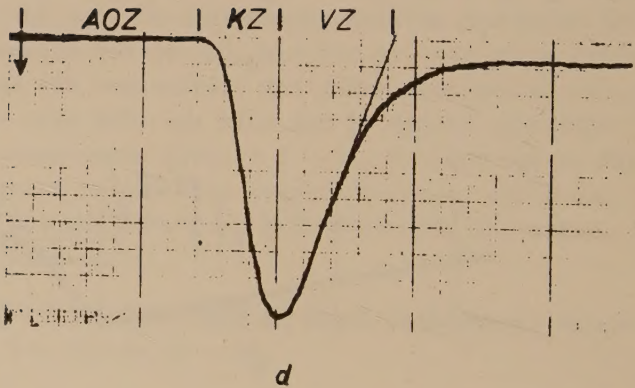
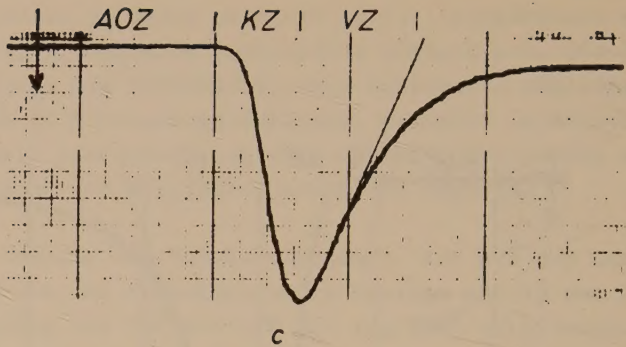


a

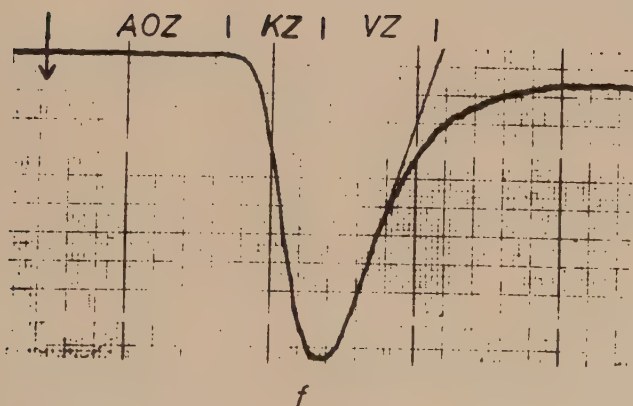
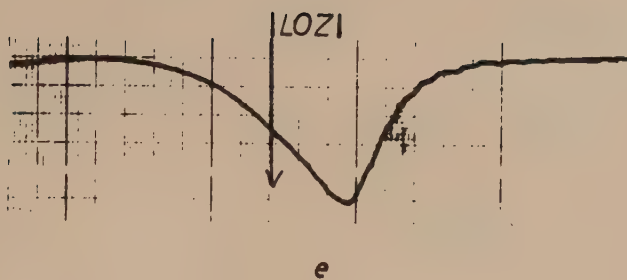


b

- a) Die Ruhekurve eines 24jährigen männlichen Patienten (M.A.). Es wurden 1,2 ml 2 %ige Methylenblaulösung in die vena cubiti injiziert. AOZ = Arm-Ohr-Zeit (8,6 sec), KZ = Konzentrationszeit (4,0 sec), VZ = Verdünnungszeit (4,9 sec).
- b) Die Lungen-Ohr-Zeit (LOZ) des gleichen Patienten (M.A.) (3,4 sec) in Ruhe.



- c) Nach 2 Minuten dosierter körperlicher Arbeit (100 Watt). Die AOZ beträgt 6,6 sec; es wurden 0,9 ml 2 %ige Methylenblaulösung injiziert. Die KZ ergab 3,2 sec, die VZ 4,4 sec.
- d) Nach 4 Minuten Arbeit (100 Watt). Es wurden 0,9 ml 2 %ige Methylenblaulösung injiziert. Die AOZ beträgt 6,6 sec, die KZ 3,0 sec und die VZ = 4,2 sec.



- e) Apnoekurve nach der 5. Minute der körperlichen Belastung. Die LOZ betrug 2,2 sec.
- f) Nach 6 Minuten körperlicher Arbeit. AOZ = 6,2 sec, die KZ = 3,0 sec, die VZ = 4,4 sec.

III. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Als Mittelwert der AOZ erhalten wir in Ruhe 8,64 sec $\pm$ 1,29. Das stimmt mit den Werten der meisten Autoren überein, die in der Tabelle nachstehend angegeben werden:

Tabelle: Übersicht über die Mittelwerte der Kreislaufzeiten (AOZ und LOZ) aus der Literatur.

AUTOR	LITERATURVERZEICHN.	A O Z sec	L O Z sec
BACHMANN, K.	1	8,4 $\pm$ 1,7	4,1 $\pm$ 0,7
BÄR, C. G.	4	9,8 $\pm$ 1,75	4,3 $\pm$ 0,16
CALLEBAUT u. Mitarbeiter	7	10,3	5,1
FORSTER und LOTTENBACH	9	11,5	5,5
HEGGLIN, M. u. Mitarbeiter	13	8 - 14	3,5 - 5,5
HEGGLIN, R.	14	8,0 - 12	4,0 - 5,5
HEGGLIN, R., W. RUTISHAUSER et alt.	15	8,0 - 12	3 - 5
HEGGLIN, R. u. W. WIESMANN	17	11,1 $\pm$ 2,2	4,5 $\pm$ 0,87
HILGER et alt.	18	8,25 $\pm$ 1,77	3,31 $\pm$ 1,82
ISSLER	19	14,5 - 25	
KAUFMANN	23	11,6	3,9

AUTOR	LITERA- TURVER- ZEICHN.	A O Z sec	L O Z sec
KNUTSON	25	13,4 $\pm$ 1,0	4,7 $\pm$ 0,3
LINDGREEN	27	10,7	5,6
MATTHES	30	10,7	4,0
WÜLSER	35	8,0 - 12	3 - 5

Abb. 2 zeigt die Verkürzung der AOZ mit zunehmender Belastungsdauer nach 2, 4 und 6 Minuten. Die Mittelwerte mit den Standardabweichungen der AOZ in Ruhe und nach 2, 4 und 6 Minuten Arbeit betragen: 6,86 sec $\pm$ 1,19, 6,42 $\pm$ 1,06, 6,17 $\pm$ 0,59. Die Ruhe- und Belastungsmittelwerte unterscheiden sich hochsignifikant voneinander $2 P > 0,001$, während sich die Belastungswerte untereinander nur zwischen der 2. und 6. Minute unterscheiden. Entsprechend dem sich unter Arbeit einstellenden relativen steady-state unterscheiden sich die in der 4. und 6. Minute gemessenen Kreislaufwerte nicht mehr signifikant. Auffälligerweise ist die Streuung der Ruhewerte größer als die der Belastung, wofür in erster Linie die unterschiedliche neuro-zirkulatorische Ausgangslage verantwortlich zu machen ist. Zum anderen ist die Kreislaufzeit aber auch von der Körpergröße bzw. vom Geschlecht (6, 9) abhängig. Die Kreislaufzeit ist proportional der Strömungsgeschwindigkeit und umgekehrt proportional zum Herzminutenvolumen (15). Da unter Belastung das Herzminutenvolumen zunimmt, muß die Kreislaufzeit unter Arbeit abnehmen. Bei den Belastungsversuchen wurde die Herzfrequenz als Maß für das erhöhte Herzzeitvolumen angesehen, da u. a. nach GAUER (12) das Herzzeitvolumen überwiegend durch die Herzfrequenz gesteuert wird. So konnte eine Beziehung zwischen der AOZ und der Herzfrequenz aufgestellt werden.

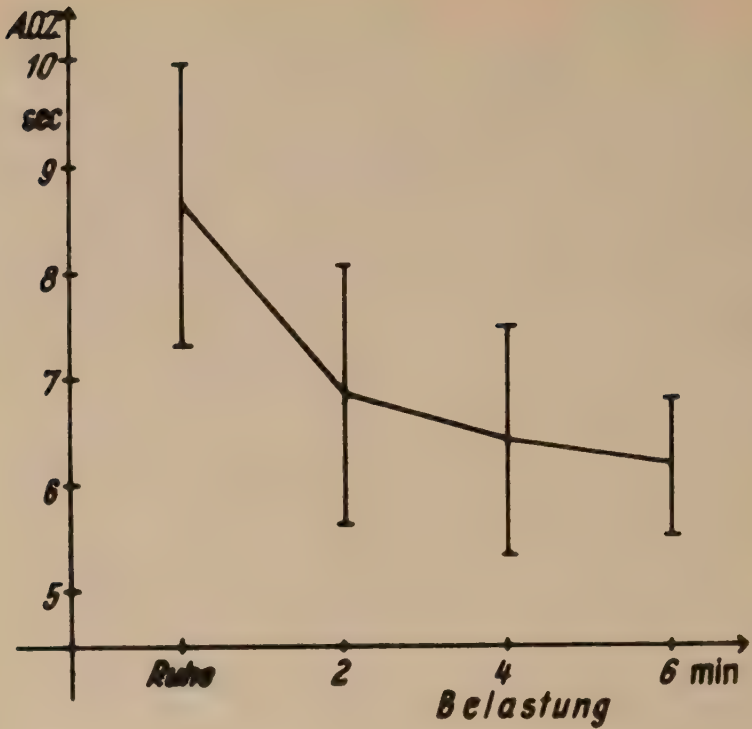


Abb. 2:

Aufgetragen sind die Mittelwerte der Arm-Ohr-Zeit (AOZ) und deren Abweichungen ($\pm s$) in Ruhe, nach 2, 4 und 6 Minuten Belastung.

Betrachtet man die Abhängigkeit der Herzfrequenz von dem Zeitpunkt der Ruhe, bzw. der 2., 4. und 6. Minute Arbeit, so zeigt Abb. 3 deutlich, daß die Herzfrequenz im Gegensatz zur ΔO_2 (Abb. 2) mit zunehmender Arbeitsdauer (in der Anlaufzeit rasch, im steady-state gering) steigt. Die Herzfrequenz in Ruhe beträgt $83,28 \pm 13,20/\text{Min.}$, nach 2 Minuten Arbeit $119,62 \pm 12,65$, nach 4 Minuten $124,58 \pm 15,03$ und nach 6 Minuten Belastung $126,46 \pm 17,22/\text{Min.}$ Auch hier zeigt sich eine Signifikanz zwischen den Ruhe- und Belastungsmittelwerten $2 P > 0,001$, während sich die Belastungswerte untereinander nicht signifikant unterscheiden $2 P > 0,16$.

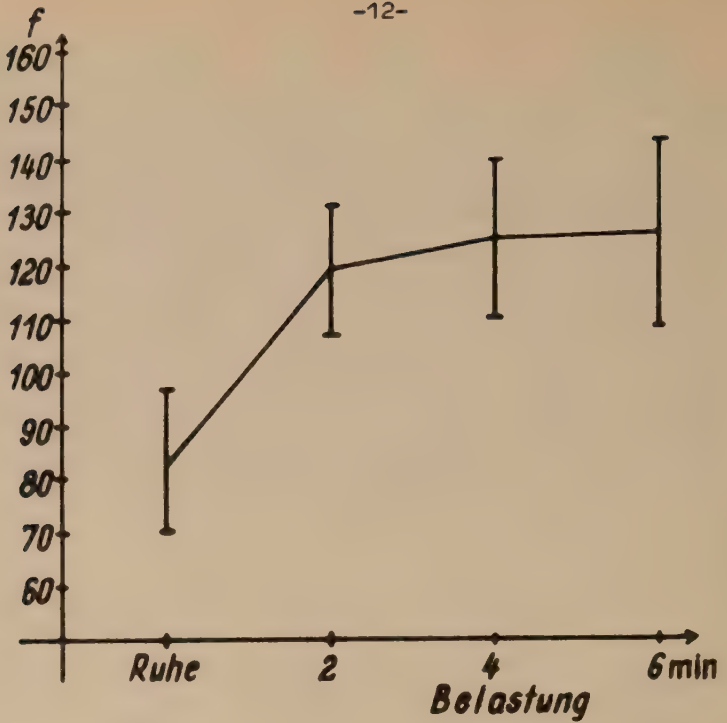


Abb. 3:

zeigt die Mittelwerte der Herzfrequenz (f)
und die mittlere Abweichung in Ruhe nach
2, 4 und 6 Minuten Belastung.

In Abb. 4 ist die Abhängigkeit der AOZ (y) von der Herzfrequenz (x) in Ruhe und nach 2 Minuten Arbeit aufgezeichnet. Hier wurde die Darstellung der Toleranzellipse gewählt, um alle Normalwerte gleichzeitig zu erfassen und um bei später gefundenen Werten eine Aussage über eventuelle Abweichungen von der Norm machen zu können.

Berechnung:

Ruhe: $n = 50$

Mittelwert der Herzfrequenz = 83,28 $\pm$ 13,2
Mittelwert der AOZ = 8,644 $\pm$ 1,293

2 Minuten Arbeit: $n = 50$

Mittelwert der Herzfrequenz = 119,62 $\pm$ 12,63
Mittelwert der AOZ = 6,86 $\pm$ 1,19

Ruhe + Arbeit: $n = 100$

Mittelwert der Herzfrequenz = 101,45 $\pm$ 22,33
Mittelwert der AOZ = 7,753 $\pm$ 1,532

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = -0,7526$$

Die 95 %ige Vertrauensgrenze für r beträgt:

$$\text{Prob. } (-0,65271 \leq -r \leq -0,82714) = 0,95$$

Die einzelnen Regressionskoeffizienten:

$$b_{yx} = -0,0484$$

$$b_{xy} = -10,284$$

$$b_0 = -0,0485$$

$$-\frac{1}{b_0} = 20,598$$

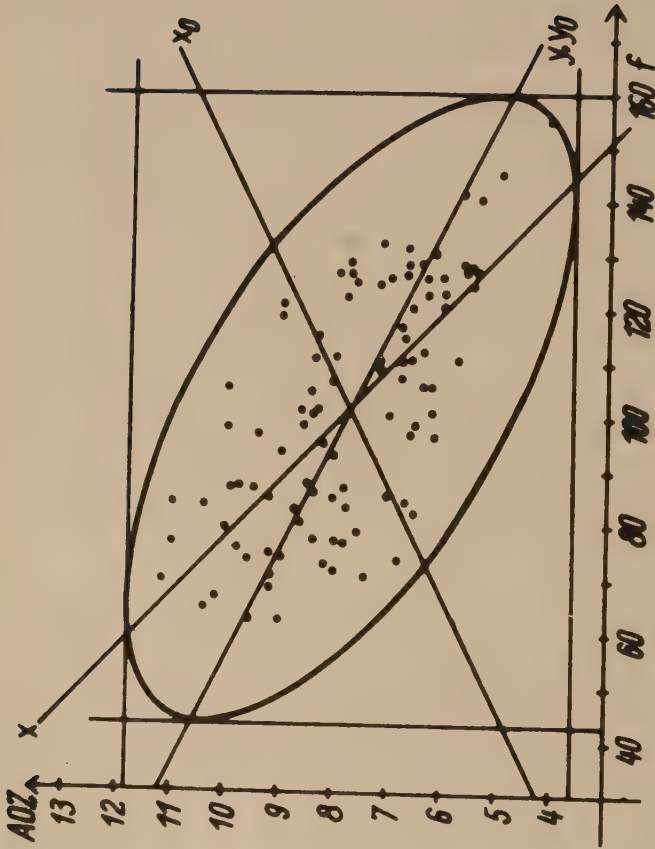


Abb. 4:

zeigt die Werte der Arm-Ohr-Zeit (AOZ) in Abhängigkeit von der Herzfrequenz (f) in Ruhe und nach 2 Minuten körperlicher Belastung von 50 kreislaufgesunden Patienten als Toleranzellipse dargestellt. Weiterhin wurden die Regressionsgeraden x , x_0 , y , y_0 eingetragen.

Regressionsgeraden:

$$\begin{aligned}y &= 13,03 - 0,05 x \\x &= 181,13 - 10,28 y \\y_0 &= 12,68 - 0,05 x \\x_0 &= - 58,2 + 20,5 y\end{aligned}$$

Toleranzellipse:

horizontale Tangenten

$$\begin{aligned}y_1 &= 11,808 \\y_2 &= 3,698\end{aligned}$$

Abzissen der Berührungspunkte

$$\begin{aligned}x_1 &= 58,18 \\x_2 &= 140,72\end{aligned}$$

vertikale Tangenten

$$\begin{aligned}x_1 &= 159,63 \\x_2 &= 43,27\end{aligned}$$

Ordinaten der Berührungspunkte

$$\begin{aligned}y_1 &= 5,09 \\y_2 &= 10,42\end{aligned}$$

Um die Toleranzellipse zeichnen zu können, wurden die horizontalen und vertikalen Tangenten berechnet sowie die Berührungspunkte der Ellipsen mit den Tangenten. Die Toleranzellipse ist durch die berechneten Punkte festgelegt, kann jedoch in anderen eine geringe Abweichung zeigen. Die Fehlerbreite ist aber in Beziehung zur Fehlerbreite der hier durchgeführten Methode als gering anzusehen, so daß noch eine Aussage über die Abweichung von der Norm gemacht werden kann.

Auf Grund der Regressionsgeraden kann gesagt werden, daß eine Herzfrequenzsteigerung um 10/Min. eine Verkürzung der AOZ um 0,5 sec zur Folge hat.

Eine LOZ konnte bei 36 Patienten registriert werden. Unter Belastung konnten 34 Kurven aufgezeichnet werden. In Abb.5 ist die Abhängigkeit der LOZ (y) von der Herzfrequenz (x) aufgezeichnet. Die Regressionsgerade zeigt: Eine Erhöhung der Herzfrequenz um 10 Schläge/Min. hat eine Abnahme der LOZ um 0,2 sec zur Folge. Die Toleranzellipse gibt uns auch hier einen Anhalt darüber, ob ein normaler oder pathologischer Wert vorliegt. Wie in Abb. 4 sind die Regressionsgeraden x , x_0 , y , y_0 , wie auch die vertikalen und horizontalen Tangenten und die Toleranzellipse eingezeichnet.

Berechnung:

$$\begin{aligned} \text{Ruhe:} \quad n &= 36 \\ \bar{x} &= 84,25 \pm 13,21 \\ \bar{y} &= 3,22 \pm 0,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{5 Minuten Arbeit:} \quad n &= 34 \\ \bar{x} &= 125,44 \pm 12,49 \\ \bar{y} &= 2,31 \pm 0,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ruhe + Arbeit:} \quad n &= 70 \\ \bar{x} &= 104,26 \pm 24,36 \\ \bar{y} &= 2,78 \pm 0,72 \end{aligned}$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = - 0,7083$$

Die 95 %ige Vertrauensgrenze für r beträgt:

$$\text{Prob. } (0,5676 \leq r \leq 0,8117) = 0,95$$

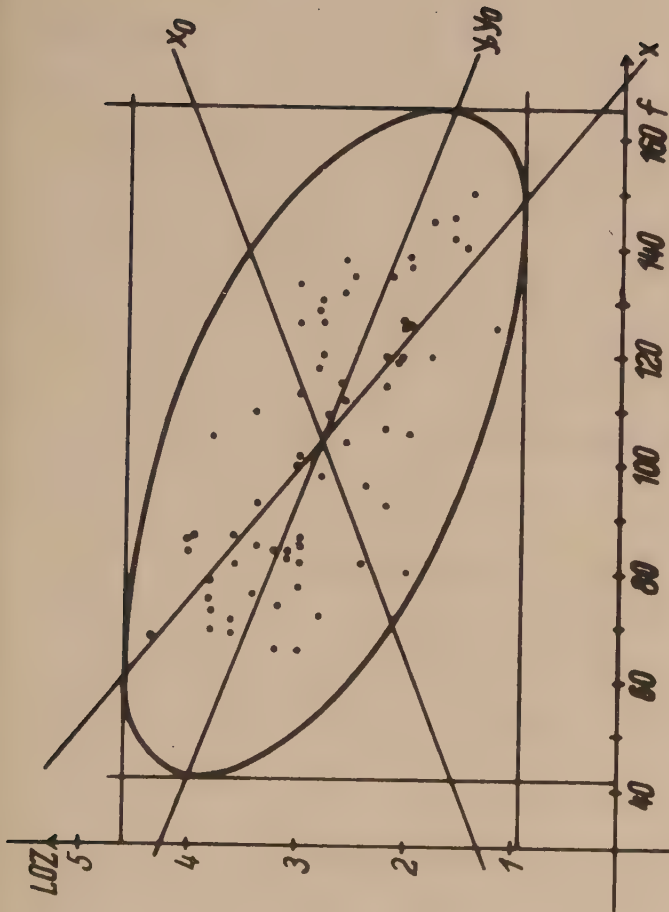


Abb. 5:

Die Lungen-Ohr-Zeit (LOZ) in Abhängigkeit von der Herzfrequenz wurde hier von 36 Patienten in Ruhe und von 34 nach 5 Minuten dosierter Arbeit von 100 Watt in Form einer Toleranzellipse aufgetragen.

Die einzelnen Regressionskoeffizienten:

$$\begin{aligned} b_{yx} &= - 0,0209 \\ b_{xy} &= - 23,958 \\ b_0 &= 47,7248 \\ - \frac{1}{b_0} &= - 0,021 \end{aligned}$$

Regressionsgeraden:

$$\begin{aligned} y &= 4,85 - 0,02 x \\ x &= 170,87 - 23,96 y \\ y_0 &= 4,86 - 0,02 x \\ x_0 &= 47,7 y - 28,4 \end{aligned}$$

Toleranzellipse:

horizontale Tangenten

$$\begin{aligned} y_1 &= 4,61 \\ y_2 &= 0,94 \end{aligned}$$

Abzissen der Berührungspunkte

$$\begin{aligned} x_1 &= 60,42 \\ x_2 &= 148,10 \end{aligned}$$

vertikale Tangenten

$$\begin{aligned} x_1 &= 166,28 \\ x_2 &= 42,24 \end{aligned}$$

Ordinaten der Berührungspunkte

$$\begin{aligned} y_1 &= 4,01 \\ y_2 &= 1,53 \end{aligned}$$

Länge der Halbachsen

$$\begin{aligned} l_1 &= 62,02 \\ l_2 &= 1,83 \end{aligned}$$

Eine Beziehung zwischen der LOZ (y) und der AOZ (x) in Ruhe und nach 5 Minuten dosierter Arbeit ist in Abb. 6 dargestellt.

Berechnung:

Ruhe: n = 36

$$\text{Mittelwert der AOZ} = 8,569 \pm 1,208$$

$$\text{Mittelwert der LOZ} = 3,219 \pm 0,557$$

5 Minuten Arbeit: n = 34

$$\text{Mittelwert der AOZ} = 6,424 \pm 1,049$$

$$\text{Mittelwert der LOZ} = 2,309 \pm 0,561$$

Ruhe und Arbeit: n = 70

$$\text{Mittelwert der AOZ} = 7,497 \pm 1,634$$

$$\text{Mittelwert der LOZ} = 2,764 \pm 0,745$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = 0,7161$$

Die 95 %ige Vertrauensgrenze für r beträgt:

$$\text{Prob. } (0,5777 \leq r \leq 0,8137) = 0,95$$

Regressionskoeffizienten:

$$b_{yx} = 0,3313$$

$$b_{xy} = 1,5948$$

$$b_0 = 0,3631$$

$$-\frac{1}{b_0} = -2,7843$$

Regressionsgeraden:

$$y = 0,28 x + 0,33$$

$$x = 1,57 y + 3,15$$

$$y_0 = 0,36 x + 0,07$$

$$x_0 = -2,78 y + 14,69$$

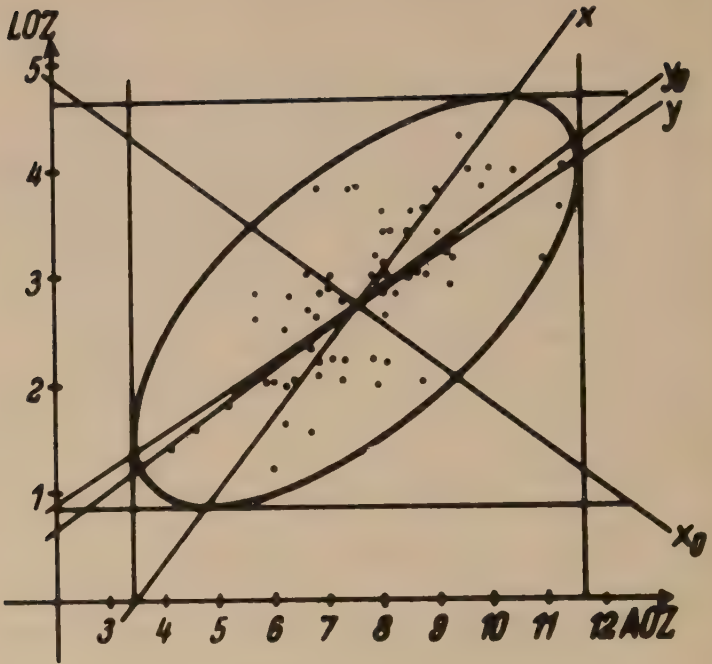


Abb. 6:

Abhängigkeit der Lungen-Ohr-Zeit (LOZ) von der Arm-Ohr-Zeit (AOZ), bei 36 kreislaufgesunden Patienten in Ruhe und unter Arbeit, dargestellt als Toleranzellipse. Eingezeichnet sind ferner die Regressionsgeraden x , x_0 , y , y_0 , die Tangenten und die Toleranzellipse.

Toleranzellipse:

horizontale Achsen

$$y_1 = 4,66$$

$$y_2 = 0,87$$

Abzissen der Berührungspunkte

$$x_1 = 10,32$$

$$x_2 = 4,67$$

vertikale Tangenten

$$x_1 = 11,66$$

$$x_2 = 3,34$$

Ordinaten der Berührungspunkte

$$y_1 = 4,12$$

$$y_2 = 1,41$$

Länge der Halbachsen

$$l_1 = 4,16$$

$$l_2 = 1,90$$

Aus der Abb. 6 geht deutlich hervor, daß eine Abnahme der AOZ auch eine Abnahme der LOZ bedeutet, da die LOZ in der AOZ enthalten ist. Eine Verkürzung der AOZ um 1 sec hat eine Verringerung der LOZ um 0,36 sec zur Folge. So entfallen 0,64 sec auf den Gefäßabschnitt Armvene-Lunge. Wäre die Strömungsbeschleunigung, die sich in der verkürzten AOZ ausdrückt, eine Konstante, dann müßte sich der Weg: Ellenbeuge - Lunge zu dem Weg: Lunge - Ohr etwa wie 2 : 1 verhalten. Das ist jedoch nicht der Fall, da die Geschwindigkeit im venösen Teil des Weges (Armvene - Lunge) nicht so stark zunimmt wie im arteriellen Teil (Lunge - Ohr). Das erklärt sich dadurch, daß der venöse Anteil der Gefäße durch einen größeren Querschnitt ein größeres Volumen befördern kann, als dies bei den Arterien möglich ist. Das

Stromzeitvolumen ist auf der arteriellen Seite gleich dem Stromzeitvolumen auf der venösen Seite. Nach dem Poiseuilleschen Gesetz ist das Stromzeitvolumen I proportional der vierten Potenz des Radius der Gesamtgefäße. Da nun der venöse Gesamtquerschnitt größer ist, als auf der arteriellen Seite, muß, damit ein gleiches Zeitvolumen fließen kann, die Geschwindigkeit im venösen Teil des Gefäßsystems kleiner sein.

In Abb. 7 ist das Verhältnis von Verdünnungszeit (VZ) zur Konzentrationszeit (KZ) in Ruhe graphisch aufgetragen, wobei $KZ = x$ und $VZ = y$ sind.

Berechnung:

$$n = 49$$

$$\bar{x} = 4,416 \pm 1,094$$

$$\bar{y} = 5,865 \pm 1,606$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = 0,9046$$

Die 95 %ige Vertrauensgrenzen für r :

$$\text{Prob. } (0,8367 \leq r \leq 0,9456)$$

Die Regressionsgerade:

$$y = 1,36 x - 0,14$$

Das Verhältnis $\frac{VZ}{KZ}$ beträgt 1,36 (bei ISSLER 1,22, bei HEGGLIN 1,6). Das bedeutet, daß die KZ stets kürzer als die VZ ist.

Nach 2 Minuten Belastung ergibt sich bei 49 ausgewerteten Kurven ($n = 49$):

$$\bar{x} = 3,078 \pm 0,664$$

$$\bar{y} = 3,82 \pm 0,998$$

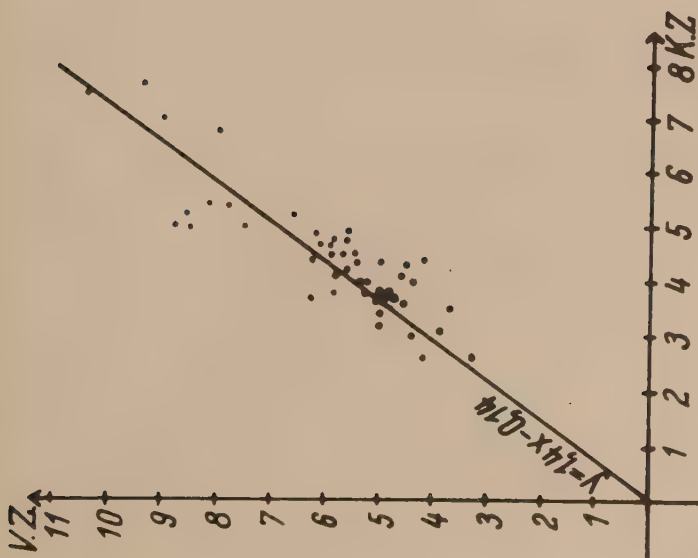


Abb. 7:

zeigt die Abhängigkeit der Verdünnungszeit von der Konzentrationszeit (KZ) in Ruhe. Eingezeichnet sind 49 Werte und die Regressionsgerade.

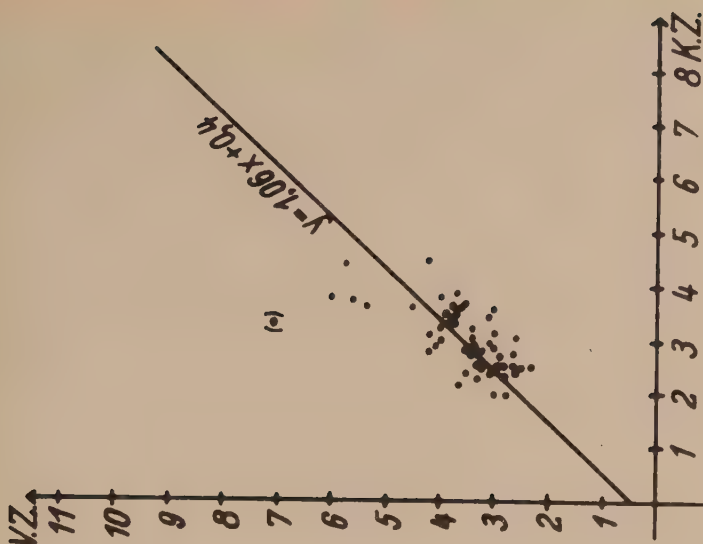


Abb. 8:

zeigt die Abhängigkeit der Verdünnungszeit (VZ) und Konzentrationszeit (KZ) nach 6 Minuten Arbeit von 100 Watt. Dargestellt sind 50 Werte und die Regressionsgerade.

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = 0,7864$$

Die 95 %igen Vertrauensgrenzen für r :

$$\text{Prob. } (0,7747 \leq r \leq 0,7969) = 0,95$$

Die Regressionsgerade:

$$y = 1,2 x + 0,15$$

Nach 4 Minuten körperlicher Arbeit konnten alle 50 Kurven ausgewertet werden:

$$\bar{x} = 3,057 \pm 0,729$$

$$\bar{y} = 3,782 \pm 1,006$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = 0,76252$$

Die 95 %igen Vertrauensgrenzen für r :

$$\text{Prob. } (0,6151 \leq r \leq 0,8585) = 0,95$$

Die Formel der Regressionsgeraden:

$$y = 1,05 x + 0,56$$

Das P für die Signifikanz der Differenz der Korrelationskoeffizienten in Ruhe und nach 2 Minuten Belastung ist $P > 0,001$, d.h. hochsignifikant, während sich die Differenz der Korrelationskoeffizienten unter Belastung nicht signifikant unterscheidet. Mit zunehmender Herzfrequenz nimmt der Korrelationskoeffizient immer mehr ab. Das bedeutet, daß das Verhältnis Verdünnungszeit / Konzentrationszeit stärkeren Schwankungen unterworfen ist, als in Ruhe.

In Abb. 8 sind die Werte der 50 erhaltenen Kurven der Verdünnungszeit und Konzentrationszeit nach 6 Minuten Arbeit sowie die Regressionsgerade eingetragen.

Berechnung:

$$\bar{x} = 3,02 \pm 0,59$$

$$\bar{y} = 3,61 \pm 0,96$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt:

$$r = 0,6333$$

Die 95 %igen Vertrauensgrenzen für r :

$$\text{Prob. } (0,4309 \leq r \leq 0,7747) = 0,95$$

Die Regressionsgerade:

$$y = 1,059 x + 0,417$$

Auf Grund der Regressionsgeraden kann gesagt werden, daß mit steigender Herzfrequenz sich das Verhältnis Verdünnungszeit / Konzentrationszeit immer mehr dem Wert 1 nähert, wie in Abb. 9 deutlich wird.

In Abb. 9 sind die Regressionsgeraden in Ruhe (y_1), nach 2 Minuten Arbeit (y_2) und nach 4 Minuten Arbeit (y_3) eingezeichnet.

Bei fünf Farbstoffkurven waren VZ und KZ deutlich verlängert. Solche Kurvenformen findet man auch bei haemodynamischer Herzinsuffizienz (24). Dabei kann das Verhältnis $\frac{VZ}{KZ}$ noch normal sein. Unter Belastung verkürzten sich jedoch KZ und VZ und ergaben eine Normalkurve.

Daß es sich hier um Normalpersonen handelt, beweist die stets normal bleibende AOZ.

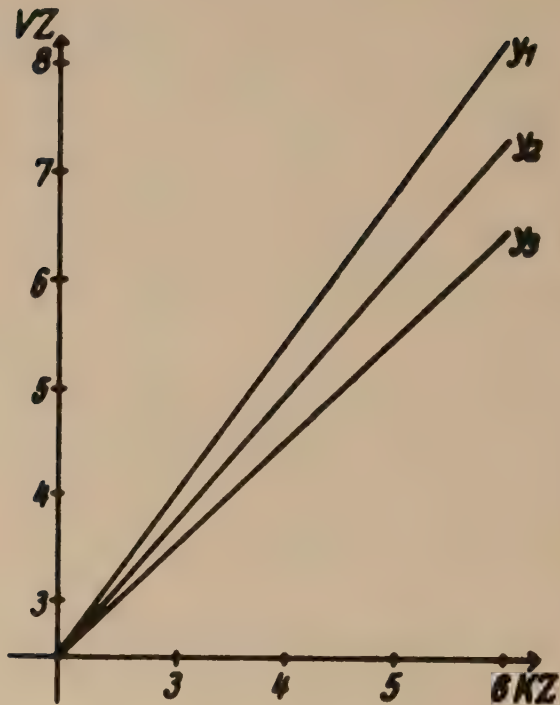


Abb. 9:

Es sind die Regressionsgeraden der Werte in Ruhe (y_1), nach 2 Minuten (y_2) und 4 Minuten Arbeit (y_3) eingezeichnet. Es wird deutlich, daß unter Arbeit das Verhältnis Verdünnungszeit zur Konzentrationszeit sich dem Wert 1 nähert.

ZUSAMMENFASSUNG

An fünfzig kreislaufgesunden Patienten wurden mit der Farbstoffverdünnungsmethode Kreislaufzeiten in Ruhe und nach dosierter körperlicher Arbeit am Fahrradergometer sowie gleichzeitig die Herzfrequenz gemessen.

1. Ruhewerte: Unsere Werte unterscheiden sich nicht von denen anderer Autoren;
2. Unter körperlicher Arbeit und damit verbundener schnelleren Herzschlagfrequenz verkürzt sich bei Normalpersonen die Arm-Ohr-Zeit

Auf Grund statistischer Berechnung wurde gefunden, daß

- a) eine Herzfrequenzsteigerung um 10 Schläge/Min. eine Verkürzung der Arm-Ohr-Zeit (AOZ) um 0,5 sec zur Folge hat;
- b) eine Herzfrequenzsteigerung um 10 Schläge/Min. einer Abnahme der Lungen-Ohr-Zeit (LOZ) von 0,2 sec,
- c) eine Abnahme der AOZ um 1 sec einer Abnahme der LOZ um 0,36 sec entspricht;
- d) die normalerweise in Ruhe deutlich gegenüber der Konzentrationszeit (KZ) verlängerte Verdünnungszeit (VZ) (etwa 1 : 1,4) unter körperlicher Arbeit sich mehr verkürzt als die KZ, so daß das Verhältnis $\frac{VZ}{KZ}$ fast 1 : 1 wird.

1.) m 24 Jahre (M.A.)				2.) m 40 Jahre (K.K.)				3.) m 24 Jahre (P.N.)						
Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
min.					min.					min.				
Ruhe	84	8,0	3,0	4,2	Ruhe	84	10,4	4,0	5,0	Ruhe	74	3,2	4,0	5,2
1	120				1	95				1	80			
2	128	6,4		3,6	2	100	8,4		4,3	2	105		3,5	4,5
3	124				3	115				3	110			
4	128	6,2		2,7	4	110	7,6		4,0	4	115		3,1	5,4
5	128		2,8		5	105		3,8		5	115	2,6		
6	128	6,1		3,0	6	105	7,0		3,6	6	120	5,5	3,2	3,4
4.) m 16 Jahre (J.B.)				5.) m 16 Jahre (G.J.)				6.) m 20 Jahre (D.S.)						
Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
min.					min.					min.				
Ruhe	76	7,8	3,2	4,4	Ruhe	66	10,4		7,6	Ruhe	82	2,4	4,1	5,8
1	108				1	108				1	110			
2	112	6,4		3,3	2	110	6,8		3,5	2	114		3,2	4,8
3	112				3	116				3	124			
4	108	5,6		3,2	4	118	6,6		3,4	4	124		2,7	4,3
5	108		2,8		5	118				5	126	2,0		
6	112	5,5		3,2	6	118	6,0		3,9	6	126	6,0	2,5	3,2
7.) w 16 Jahre (A.B.)				8.) m 20 Jahre (B.S.)				9.) w 44 Jahre (H.P.)						
Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
min.					min.					min.				
Ruhe	96	6,6	2,4	4,7	Ruhe	79	10,0		5,2	Ruhe	68	4,3	6,8	8,0
1	131				1	111				1	112			
2	141	5,8		3,0	2	114	8,4		3,6	2	124		3,6	5,0
3	151				3	124				3	130			
4	155	4,7		2,7	4	125	6,0		3,5	4	133		4,0	5,8
5	160				5	118				5	134	3,0		
6	158	4,7		2,5	6	121	6,5		3,4	6	130	7,0	3,8	6,0

10.) m			23 Jahre			(K.-D.S.)			11.) w			22 Jahre			(R.W.)			12.) w			22 Jahre			(J.H.)				
Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	
Ruhe	69		11,2	3,6			Ruhe	94		8,2		4,0	4,4	Ruhe	92		8,0	2,2	4,5	5,7				8,0	2,2	4,5	5,7	
1	100						1	121						1	110													
2	105		9,0		4,4	6,4	2	122		6,3		3,3	4,1	2	125		6,3		3,0	3,4				6,3		3,0	3,4	
3	120						3	137						3	125													
4	115		8,1		4,0	5,6	4	139		6,1		2,5	3,2	4	125		6,0	1,2	2,6	3,1				6,0	1,2	2,6	3,1	
5	115			2,2			5	144						5	125													
6	115		6,0		3,8	5,6	6	155		6,0		3,4	3,1	6	120		6,0		2,9	3,1				6,0		2,9	3,1	
13.) m			24 Jahre			(A.T.)			14.) m			16 Jahre			(K.Z.)			15.) w			26 Jahre			(R.I.)				
Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	
Ruhe	86		9,5	4,0	4,8	5,6	Ruhe	83		11,0	3,1			Ruhe	70		9,2		4,7	6,1				9,2		4,7	6,1	
1	99						1	116						1	94													
2	106		8,0		3,5	3,7	2	118		9,0				2	98		6,5		2,9	3,1				6,5		2,9	3,1	
3	109						3	117						3	120													
4	109		8,0		3,9	3,6	4	116		7,5		2,5	3,7	4	120		6,8		2,8	4,6				6,8		2,8	4,6	
5	109			3,2			5	123			2,0			5	125													
6	113		8,0		3,6	3,6	6	125		7,0		2,2	3,6	6	125		5,8		3,1	3,4				5,8		3,1	3,4	
16.) w			24 Jahre			(E.S.)			17.) m			27 Jahre			(P.P.)			18.) m			24 Jahre			(H.B.)				
Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr.	min.		AOZ	LOZ	KZ	VZ	
Ruhe	86		9,9	4,0	5,2	8,6	Ruhe	76		8,0	3,4	4,2	5,6	Ruhe	72		8,2	2,8	4,3	4,5				8,2	2,8	4,3	4,5	
1	116						1	109						1	96													
2	126		7,8		3,8	5,2	2	109		7,2		3,0	3,7	2	100		6,2		3,1	3,9				6,2		3,1	3,9	
3	124						3	113		6,2		3,1	4,9	3	95													
4	122		7,8		3,6	4,1	4	110						4	100		5,7	2,0	3,0	3,8				5,7	2,0	3,0	3,8	
5	126			2,0			5	112			2,6			5	106													
6	124		7,8		3,3	7,1	6	104		6,4		3,6	3,6	6	90		6,6		3,1	4,2				6,6		3,1	4,2	

19.) m 26 Jahre (W.M.)					20.) m 22 Jahre (P.S.)					21.) m 14 Jahre (W.W.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	93	9,0	4,3	5,0	Ruhe	73	3,8	3,7	4,9	Ruhe	84	3,2	5,0	8,5
1	100				115					1	98			
2	100	7,0	3,4	4,0	124	5,5		2,4	3,0	2	110		3,4	5,6
3	100				132					3	100			
4	107	6,8	3,3	3,6	132	4,4	2,0	2,6	3,2	4	104		3,2	4,8
5	103				136					5	104	2,6		
6	108	7,1	3,8	4,0	122	4,4		3,4	3,8	6	96		3,6	5,4
22.) m 35 Jahre (G.M.)					23.) m 18 Jahre (B.K.)					24.) w 12 Jahre (G.H.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	87	8,5	3,4	5,0	Ruhe	70	3,8	4,3	5,4	Ruhe	84		3,1	3,9
1	97				108	7,5				1	127			
2	104	8,4	2,9	4,1	110	6,6		3,4	3,6	2	126		2,7	3,3
3	111				112					3	130			
4	111	8,8	3,1	5,1	115	6,6		3,3	3,5	4	135		2,2	3,2
5	109				116					5	132			
6	115	7,5	2,9	4,1	115	6,6		3,0	4,0	6	135		2,4	3,0
25.) m 21 Jahre (R.S.)					26.) w 20 Jahre (E.G.)					27.) w 22 Jahre (I.S.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	97		3,2	5,0	Ruhe	86		4,9	5,6	Ruhe	105		2,6	3,3
1	121	10,0			126	9,8				1	125			
2	122	7,8	2,0	2,7	129	7,0		3,1	3,5	2	126		2,3	4,0
3	127				148					3	127			
4	126		1,9	2,6	154	6,5		3,1	3,7	4	140		2,9	4,2
5	127				154					5	145			
6	128	7,8	2,0	2,8	155	6,0		2,9	3,5	6	145		2,8	4,2

28.) w 30 Jahre (E.M.)					29.) w 17 Jahre (M.S.)					30.) w 20 Jahre (H.E.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	107				Ruhe	62				Ruhe	71			
1	136	2,2	3,6	5,0	1	106		5,0	8,8	1	125	3,6	3,7	6,5
2	140		2,7	3,3	2	120		3,4	3,6	2	145		2,5	3,5
3	135				3	126				3	150			
4	145		2,5	3,0	4	126		3,2	3,9	4	150		3,0	2,7
5	145	1,8			5	128				5	150	1,4		
6	150		2,5	2,8	6	128		2,4	3,5	6	158		2,3	2,8
31.) m 13 Jahre (G.H.)					32.) w 16 Jahre (C.S.)					33.) m 20 Jahre (B.S.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	82				Ruhe	86				Ruhe	72			
m1	128	3,0	3,8	5,0	1	122	3,0	4,8	5,8	1	115	3,8		
2	126		2,4	3,2	2	130		3,2	3,8	2	122		2,5	3,4
3	134				3	134				3	120			
4	134		2,5	3,2	4	140		2,8	3,2	4	120		2,5	3,2
5	142	1,6			5	146	1,6			5	120	1,8		
6	142		2,3	3,3	6	140		2,8	3,4	6	116		2,4	2,6
34.) w 13 Jahre (R.O.)					35.) w 16 Jahre (C.Se.)					36.) w 25 Jahre (U.R.)				
Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ	Hzfr. min.	AOZ	LOZ	KZ	VZ
Ruhe	96				Ruhe	85				Ruhe	100			
1	148		3,6	4,6	1	115	3,0	3,8	4,8	1	122	3,0	3,0	4,4
2	154		2,8	2,8	2	125		2,5	3,1	2	128		2,9	3,3
3	162				3	130				3	128			
4	162		2,3	3,1	4	125		2,4	2,8	4	131		3,0	4,4
5	170				5	140	1,5			5	135	2,5		
6	170		2,7	2,7	6	130		2,4	3,0	6	130		2,8	3,0

37.) m 21 Jahre (H.K.)				38.) m 22 Jahre (J.F.)				39.) w 19 Jahre (M.K.)			
Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ
Ruhe	74	11,0	4,1 4,6	Ruhe	66	11,2	4,0 3,7	Ruhe	110	8,4	3,0 4,7 5,9
1	98			1	116			1	124		
2	96	9,4	3,0 3,4	2	128	6,7	2,5 2,5	2	131	6,8	2,3 2,2
3	103			3	134			3	128		
4	100	8,5	3,0 3,4	4	134	7,0	2,5 1,9	4	131	7,0	2,6 2,8
5	110			5	135			5	138		
6	110	9,0	2,8 3,3	6	140	7,0	3,0 2,6	6	140	6,2	2,4 2,4
40.) w 23 Jahre (B.S.)				41.) m 37 Jahre (F.D.)				42.) M 21 Jahre (R.K.)			
Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ
Ruhe	78	7,6	3,8 5,2	Ruhe	62	9,0	3,8 7,0 9,0	Ruhe	73	9,6	3,8 5,8
1	113			1	99			1	107		
2	126	5,2	2,8 3,4	2	98	8,6	5,0 7,0	2	110	5,8	2,3 3,7
3	124			3	98			3	118		
4	127	5,4	3,0 3,4	4	96	8,6	6,4 7,0	4	112	5,2	2,8 3,6
5	126			5	93		2,0	5	118		
6	130	5,1	2,5 3,3	6	95	8,6	4,4 5,8	6	112	4,4	3,2 4,0
43.) m 24 Jahre (P.M.)				44.) m 20 Jahre (W.T.)				45.) w 17 Jahre (H.J.)			
Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ	Hzfr. min.		AOZ	LOZ KZ VZ
Ruhe	98	8,0	2,3 4,3 6,2	Ruhe	93	9,0	3,4 5,4 7,8	Ruhe	110	8,0	3,4 4,9 6,2
1	125			1	115			1	128		
2	126	6,0	3,2 3,4	2	110	8,4	4,2 5,6	2	132	7,2	4,0 4,7
3	128			3	112			3	147		
4	126	6,0	2,8 4,0	4	113	8,0	4,5 5,4	4	142	6,0	3,0 3,5
5	126		2,0	5	110		2,7	5	138		
6	126	6,0	3,6 3,8	6	120	7,4	4,5 4,2	6	147	5,6	3,5 3,0

LITERATURVERZEICHNIS

1. BACHMANN, K.
Über die Blutströmung im arteriellen
und venösen Kreislauf
Archiv Kreislauff. 33, 225-259 (1960)
2. BACKMANN, R.
Die Zirkulationszeit des Blutes in der
normalen Lunge und in der senil-atrophischen Emphysemlunge.
Med.thorac. 20, 113-124 (1963)
3. BÄR, C. G.
Die Bedeutung der kombinierten Apnoe-Farbstoff-Methode für die Herzdiagnostik.
Vorträge des 2. Freiburger Colloquiums
über Kreislaufmessungen am 25. und 26.
April 1959 in Freiburg/Breisgau
Verlag Dr. Banaschewski
München-Gräfeling (1960)
4. BÄR, C. G.
Die Bedeutung unblutiger photoelektrischer
Meßmethoden für die Herz- und Kreislaufdiagnostik.
Archiv Kreislauff. 31, 18-94 (1959)
5. BENDER, F., F. Hilgenberg u. G. Jungehülsing
Fortlaufend registrierte Farbstoffverdünnungskurven bei erworbenen und angeborenen Herzfehlern.
Z. Kreislauff. 46, 845 (1957)
6. BÖRNER, W., J. Schröder u. O. Seufert
Zur Frage der Abhängigkeit der Kreislaufzeit von Körperlänge und Geschlecht.
Z. Kreislauff. 49, 387 (1960)

7. CALLEBAUT, C., J. Lequime et H. Denolin
Détermination oxymétrique de la vitesse
circulatoire chez l'homme.
Acta card. Bruxelles 5, 137 (1950)
bei Wülser: Über Kreislaufmessungen bei
Normalen mit der Farbstoff-
methode (37)
8. FORSTER, G. und K. Lottenbach
Oxymetrische Bestimmung der Kreislaufzeit.
Cardiologia 23, 181-187 (1953)
9. FOX, I. J. und E. H. Wood
Applications of dilution curves recorded
from the right side of the heart on venous
circulation with the aid of a new indicator
dye.
Proc. Mayo Clin. 32, 541 (1957)
10. FOX, I. J. und E. H. Wood
Use of Methylene Blue as an indicator for
arterial dilution curves in the study of
heart disease.
J. Lab. & Clin. Med. 50/598/1957
11. GAUER, O. H.
in Landois-Rosemann
Lehrbuch der Physiologie des Menschen
Bd. 1, 28. Auflage
Urban u. Schwarzenberg
München-Berlin 1960, S. 98
12. HEGGLIN, R.
Differentialdiagnose Innerer Krankheiten
9. überarbeitete und
erweiterte Auflage
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
1963, S. 210 ff.

13. HEGGLIN, M., W. Rutishauser
und Hegglin, R.
Klinische Anwendung der Farbstoffkurven
zur Bestimmung von Kreislaufgrößen.
Schweiz.Med.Wochenschr. 90/5, 103,
(1960)
14. HEGGLIN, R.
Die klinische Bedeutung der Kreis-
laufzeit.
Schweiz.Med.Wochenschr. 91, 933 (1961)
15. HEGGLIN, R., W. Rutishauser und
G. Kaufmann, E. Lüthy, H. Scheu
Kreislaufdiagnostik mit der Farbstoff-
verdünnungsmethode.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1962
16. HEGGLIN, R. und W. Rutishauser
Die gegenseitigen Beziehungen und die
klinische Bedeutung von mit der Farb-
stoffmethode ermittelten Kreislauf-
größen.
Cardiologia 38, 249 (1961)
17. HEGGLIN, R. und W. Wiesmann
Untersuchungen über das Verhalten von
oxymetrisch festgestellten Kreislauf-
zeiten.
Cardiologia 31, 109 (1957)
18. HILGER, H. H., D. Behrenbeck und
A. Schaede
Oxymetrische und farbphotometrische
Untersuchungen bei den Klappenfehlern
des Herzens.
Archiv Kreislauff. 36, 77 (1961)
19. ISSLER, U. und R. Hegglin
Farbstoffverdünnungskurven bei
Herzklappenfehlern.
Cardiologia 33, 69-84 (1958)

20. **KAMARAS, J. und Gy. Simon**
 Die Zeitwerte der oxymetrisch registrierten Farbstoffverdünnungskurven von 4 - 14jährigen Kindern.
 Acta paediat.Hung. III/3, 285 (1962)

21. **KAUFMANN, G.**
 Über Kreislaufzeiten und Blutverteilung bei Arbeit.
 Cardiologia 30, 102 (1957)

22. **KAUFMANN, G., E. Lüthy, W. Rutishauser, R. und M. Hegglin**
 Über die diagnostische Bedeutung von Farbstoffkurven.
 2. Freiburger Coll. ü. Kreislaufmessung, 218-234 (München 1959)

23. **KAUFMANN, G. und R. Hegglin**
 Verwendung des Ohr-Oxymeters zur Bestimmung des H.M.V.
 Cardiologia 28, 207 (1956)

24. **KAUFMANN, G., W. Rutishauser, E. Lüthy, M. und R. Hegglin**
 Über die diagnostische Bedeutung von Farbstoffkurven: Kreislaufmessungen.
 Vorträge d. 2. Freiburger Colloquiums über Kreislaufmessungen am 25. und 26. April 1959 in Freiburg/Breisgau
 Verlag Dr. Banaschewski
 München-Gräfeling 1960

25. **KNUTSON, I.R.B., B.E. Taylor, E.J. Ellis und E.H. Wood**
 Studies on circulation time with the aid of the oxymeter.
 Proc.Staff Med. Mayo Clin. 25, 405 (1950)
 bei Wülser: Über Kreislaufmessung bei Normalen mit der Farbstoffmethode (37)

26. KOWALSKI, H. J., W.H. Abelman, W.T. McNeely
N.R. Frank und L.B. Ellis
The cardiac output of normal subject
determined by the dye-injection method
at rest and during exercise.
Am.J. of med.science 992, 622-625 (1954)
27. LINDGREN, I.
Continuous measurement of arterial oxygen
saturation in man. (clinical oxymetrie
with Swedish oxymeter according to Millikan)
Cardiologia 13, 581-587 (1948)
28. LÜTHY, H., W. Rutishauser, R. Hegglin
und M. Hegglin
Über die praktische Bewertung von mit
der Ohreinheit (Atlas) registrierten
Farbstoffverdünnungskurven.
1. Brem.Colloquium ü. Oxymetrie
(Stuttgart 1959)
29. MATTHES, K. und J. Schleicher
Über die Messung der Kreislaufzeit
beim Menschen.
Zschr.Exp.Med. 105, 755 (1937)
30. MATTHES, K.
Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit
fortlaufend registrierenden Methoden.
Georg Thieme Verlag,
Stuttgart 1951
31. MELLEROWICZ, H., H. Reindell, W. Hollmann,
H. Mies und H. Roskamm
Vorschläge zur Standardisierung der
ergometrischen Leistungen.
Z. Kreisl.Forschung 50, 273, 1961

32. MORBELLI, E. und L. Mascaretti
Cardiac output at rest and during graded exercise in normals and in patients with heart disease.
Cardiologia 43, 317 (1963)
33. MOSTBECK, A.
Die Bestimmung pulmonaler Kreislaufzeiten und des pulmonalen Blutvolumens mit J¹³³ Albumin.
Cardiologia 43, 225 (1963)
34. ROTHLIN, M. E. und Alsleben
Kreislaufzeiten und Herzminutenvolumen unter körperlicher Belastung bei kreislaufgesunden jungen Männern
Schweiz.Z.Sportmed. 12, 73, 1964
35. STEVENSON, I. P., C.H. Duncan, H.G. Wolff
Circulation dynamics before and after exercise in subjects with and without structural heart disease during anxiety and relaxation.
J. Clin. Investigation 28, 1534 (1949)
36. THURAU, K. und K. Kramer
Die Bedeutung der Herzfrequenz für das Herzminutenvolumen unter verschiedenen Strömungswiderständen.
Verl.Dtsch.Gesellsch.f.Kreislauff.
24. Tagung Bad Nauheim, 327-332 (1958)
37. WÜLSER, U.
Über Kreislaufmessung bei Normalen mit der Farbstoffmethode.
Zschr. f. Kreislauff.
51, 1079-1095 (1962)

Am Schluß dieser Arbeit
möchte ich mir erlauben,
Herrn Professor Dr. med.
Günter Neuhaus für die
Überlassung des Themas,
die gegebenen Anregungen
und seine mir großzügig
gewährte Unterstützung
bei den mathematischen
Berechnungen dieser Ar-
beit zu danken.

Lebenslauf

Am 27. Mai 1937 wurde ich, D i r c k T ö l l n e r, als Sohn des Veterinärassistenten Dr. August Töllner und seiner Ehefrau Ilse geb. Peterwitz in Osnabrück geboren. 1938 wurde mein Vater als Kreistierarzt nach Wittmund in Ostfriesland versetzt, wohin dann auch meine Mutter, meine Schwester und ich 1939 zogen. 1944 kam ich in die Volksschule Wittmund, vier Jahre später auf die Mittelschule und 1950 auf das Gymnasium in Jever/Oldenburg. 1953 trat ich in das Pädagogium Bad Sachsa ein und besuchte von 1957 bis 1960 das Gymnasium Blomberg, wo ich die Reifeprüfung ablegte.

Am 4. Mai 1960 wurde ich an der Freien Universität Berlin für das Fach der Medizin immatrikuliert. Hier legte ich am 28. Februar 1963 das Physikum mit dem Prädikat "gut" ab. Am 19. Oktober 1966 bestand ich das Medizinische Staatsexamen mit dem Prädikat "gut" und bin jetzt in der Inneren Abteilung der I. Medizinischen Klinik der Freien Universität Berlin als Medizinalassistent tätig.

